

IC engine fuel mixture evaluation method uses ion probe for providing ion current characteristic with comparison of amplitude maxima for determining fuel mixture residual gas component

Patent number: DE19917708
Publication date: 2001-01-11
Inventor: WILSTERMANN HARTUNG (DE); HART MARTIN (DE);
KNAPP WERNER (DE)
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
Classification:
- **international:** G01N27/66; F02D45/00; F02D21/08; F02M25/07
- **european:** G01N27/62B; F02D35/02; F02D41/14D3H2B
Application number: DE19991017708 19990420
Priority number(s): DE19991017708 19990420

Abstract of DE19917708

The fuel mixture evaluation method uses an ion probe incorporated in the engine combustion chamber, for providing an ion current signal over the working cycle of the engine, with comparison of successive amplitude maxima (4,5) of the ion current characteristic, for determining the residual gas component in the fuel mixture.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 17 708 C 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 N 27/66
F 02 D 45/00
F 02 D 21/08
F 02 M 25/07

⑲ Aktenzeichen: 199 17 708.2-52
⑳ Anmeldetag: 20. 4. 1999
㉑ Offenlegungstag: -
㉒ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 1. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑭ Erfinder:
Knapp, Werner, 79539 Lörrach, DE; Hart, Martin,
Dipl.-Ing., 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE;
Wilstermann, Hartung, Dipl.-Ing., 74405 Gaildorf,
DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 47 161 A1
DE 196 80 104 T1
EP 08 01 226 A2

⑯ Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches im Brennraum einer Brennkraftmaschine

⑰ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, bei dem mittels einer im Brennraum angeordneten Ionenstromsonde ein Ionenstromsignalverlauf über ein jeweiliges Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine hinweg gemessen wird.
Erfindungsgemäß wird aus einem Vergleich der Amplituden eines ersten lokalen Maximums und eines zweiten lokalen Maximums des Ionenstromsignalverlaufs auf einen Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch geschlossen.
Verwendung z. B. für Brennkraftmaschinen in Automobilen.

DE 199 17 708 C 1

DE 199 17 708 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, bei dem mittels einer im Brennraum angeordneten Ionenstromsonde ein Ionenstromsignalverlauf über ein jeweiliges Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine hinweg gemessen wird.

Für Brennkraftmaschinen ist es bekannt, die Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches mittels im Abgasstrang angeordneter Lambdasonden zu messen. Solche Lambdasonden sind Schaltsonden, mit denen eine Abweichung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses eines den Zylindern der Brennkraftmaschine zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemisches vom stöchiometrischen Wert mit einer relativen Genauigkeit von 1% bis 3% erkannt werden kann. Aufgrund ihrer Anordnung im Abgasstrang erfassen sie üblicherweise jedoch nur einen Mittelwert über eine oder alle Zylindergruppen. Außerdem ist dieses Meßverfahren mit einer Totzeit behaftet, bedingt durch die Ausstoß- und Transportzeit für das bei der Verbrennung gebildete Abgas.

In der DE 196 47 161 A1 ist ein Verfahren zum Steuern von Zündzeitpunkt und Kraftstoffeinspritzung bei einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung beschrieben, bei dem in den Brennräumen der Brennkraftmaschine mittels einer als Ionenstromsonde dienenden Zündkerze ein Ionenstromsignal gemessen wird, das für das Regeln von beispielsweise der Kraftstoffeinspritzmenge, welche das Luft-Kraftstoff-Verhältnis festlegt, herangezogen wird.

Speziell werden dazu Lage und Amplitude von Maxima des Ionenstromverlaufes über ein Arbeitsspiel ausgewertet.

Die DE 196 80 104 T1 offenbart eine Bestimmung des momentanen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in jedem einzelnen Zylinder einer Brennkraftmaschine durch zylinderindividuelle Messung eines Ionenstromsignals mittels einer Zündkerze. Dabei wird aus einer Steigung der Flanke des ersten Ionenstrommaximums auf die Zusammensetzung des verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches, speziell auf den Lambdawert, im jeweiligen Zylinder geschlossen.

In der EP 0 801 226 A2 ist das Messen eines Ionenstromes in Reaktion auf aktiv von einer Zündkerze erzeugten Prüfpulse beschrieben, wobei die erhaltenen Meßsignalverläufe durch Integration oder punktweises Abtasten oder Beobachtung der Zeitdauer bis zum Erreichen eines Schwellwertes ausgewertet werden. Die ausgewertete Information wird dazu verwendet, die Zusammensetzung eines zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches einzustellen bzw. eine Veränderung des Zündzeitpunktes vorzunehmen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine zu schaffen, mit dem insbesondere ein Restgasanteil, d. h. ein durch ein Abgasrückführung oder Abgasrückhaltung in zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisch enthaltener Abgasanteil, und/oder der Lambdawert zuverlässig und verzögerungsfrei zylinderindividuell ermittelt werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 oder 4 gelöst.

Beim Verfahren nach Anspruch 1 wird aus einem Vergleich der Amplituden eines ersten lokalen Maximums und eines zweiten lokalen Maximums des Ionenstromverlaufes auf einen Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch geschlossen wird. Auf diese Weise kann zylinderselektiv und ohne Zeitverzögerung für den jeweiligen Verbrennungsvorgang ein etwaiger Abgasanteil im verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisch bestimmt werden. Dieser Vorgehensweise liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die beiden Maxima in unterschiedlicher Weise als Funktion des Restgasanteils

einerseits und anderer Kenngrößen des Luft-Kraftstoff-Gemisches andererseits, insbesondere des Lambdawertes, ändern, so daß aus dem Vergleich der beiden Maxima spezifisch auf den Restgasanteil geschlossen werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, die Bestimmung des Restgasanteils im Luft-Kraftstoff-Gemisch auf Größen zurückzuführen, die sich vergleichsweise einfach aus einem Ionenstromsignalverlauf ermitteln lassen.

In Weiterbildung der Erfindung wird nach Anspruch 2 auf den Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch in einfacher Weise aus dem Verhältnis der Amplituden des zweiten lokalen Maximums und des ersten lokalen Maximums des Ionenstromsignalverlaufes geschlossen. In Weiterbildung dieser Maßnahme wird nach Anspruch 3 das Verhältnis der Amplituden des zweiten lokalen Maximums und des ersten lokalen Maximums des Ionenstromsignalverlaufes mit einem oder mehreren Schwellwerten verglichen und daraus auf den Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch geschlossen.

Beim Verfahren nach Anspruch 4 wird aus der Steigung des Ionenstromsignalverlaufes vor dem ersten lokalen Maximum auf das Luft-Kraftstoff-Verhältnis, d. h. den Lambdawert, des Luft-Kraftstoff-Gemisches geschlossen. Bei Kombination mit den Maßnahmen eines der Ansprüche 1 bis 3 können auf diese Weise Lambdawert und Restgasanteil des Luft-Kraftstoff-Gemisches gleichzeitig bestimmt werden.

In Weiterbildung der Erfindung wird nach Anspruch 5 die Bestimmung des Restgasanteils vorteilhafterweise dazu genutzt, die Funktionsfähigkeit eines Abgasrückführsystems diagnostisch zu überwachen und auf diese Weise Fehlfunktionen desselben frühzeitig zu erkennen.

Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen typischen Verlauf eines mittels einer Zündkerze im Brennraum einer Brennkraftmaschine gemessenen Ionenstromsignals,

Fig. 2 typische Ionenstromsignalverläufe für verschiedene Lambdawerte ohne Restgasanteil,

Fig. 3 typische Ionenstromsignalverläufe für verschiedene Lambdawerte mit einem vorgegebenen Restgasanteil,

Fig. 4 aus gemessenen Ionenstromsignalverläufen ermittelte Lambdawerte für aufeinanderfolgende Arbeitsspiele und

Fig. 5 bis 7 Diagramme des Verhältnisses von zweitem zu erstem Ionenstrommaximum für aufeinanderfolgende Arbeitsspiele für drei unterschiedliche Betriebssituationen mit verschiedenen Restgasanteilen im Luft-Kraftstoff-Gemisch.

Für die Durchführung der nachfolgend im einzelnen beschriebenen Vorgehensweisen zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine durch Auswertung eines Ionenstromsignalverlaufes ist jede herkömmliche Ionenstrommeßeinrichtung geeignet, welche die zeitaufgelöste Messung des Ionenstromverlaufes über ein jeweiliges Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine hinweg erlaubt. Als Ionenstrommeßsonde kann insbesondere wie üblich eine Zündkerze dienen. Es ist lediglich eine für das vorliegende Verfahren geeignete Ionenstrom-Auswerteeinheit zu verwenden, deren Realisierung sich für den Fachmann aus der nachfolgenden Beschreibung der von ihr vorzunehmenden Auswertefunktionalitäten ohne weiteres ergibt.

In Fig. 1 ist mittels einer Kurve 1 ein typischer, mit einer als Ionenstromsonde verwendeten Zündkerze gemessener Ionenstromverlauf als Funktion eines Kurbelwellenwinkels ϕ dargestellt. Weil die Zündkerze primär zur Zündung des Gemisches im Brennraum eingesetzt wird, ist das Ionenstromsignal zwischen einem Einsatzpunkt 2 und einem Endzeitpunkt 3 bei der in der Fig. 1 dargestellten Kurve 1 ausge-

blendet. Nach Ende des Zündvorgangs bilden sich über ein Arbeitsspiel hinweg bei der Ionenstromkurve 1 zwei Maxima 4, 5 heraus, wobei der Kurvenverlauf im Detail von der Zusammensetzung des zu verbrennenden Gemisches abhängt.

Fig. 2 zeigt, wie sich der Verlauf eines mittels einer Zündkerze gemessenen Ionenstromes als Funktion des Kurbelwellenwinkels ϕ für verschiedene Werte der Luftzahl λ (Lambdawert), d. h. des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des verbrannten Gemisches, ändert. Dabei beträgt bei den in Fig. 2 dargestellten Kurven der Restgasgehalt 0%, d. h. es wird kein Abgas in einen betreffenden Brennraum der Brennkraftmaschine zurückgeführt. Fig. 3 zeigt entsprechend den Verlauf des gemessenen Ionenstromes als Funktion des Kurbelwellenwinkels ϕ für verschiedene Werte der Luftzahl λ für einen 5%-igen Abgasanteil am Luft-Kraftstoff-Gemisch im Brennraum. Aus einem Vergleich der Fig. 2 und 3 ergibt sich folgendes. Die Steigung des Ionenstromsignalverlaufs vor dem ersten Ionenstrommaximum 20 bzw. 30 ist in guter Näherung linear von der Luftzahl λ abhängig. Die Höhe des zweiten Ionenstrommaximums 21 bzw. 31 nimmt bei fester Luftzahl λ mit zunehmendem Abgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch stärker ab, als dies für das erste Ionenstrommaximum 20 bzw. 30 der Fall ist.

In Fig. 4 ist jeweils für eine große Anzahl von aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen der aus der Steigung vor dem ersten Ionenstrommaximum 20 bzw. 30 ermittelte Lambdawert für die Zusammensetzung des verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches für drei Betriebsphasen der Brennkraftmaschine mit drei zugehörigen Kurven 41, 42, 43 aufgetragen, wobei zur Kurvenglättung eine gleitende Mittelwertbildung über jeweils drei Ionenstromsignale vorgenommen wurde. Aus einer Mittelung über die jeweilige Kurve 41, 42, 43 läßt sich dann der tatsächliche Lambdawert abschätzen. Im Fall der Kurve 41 wurde auf diese Weise ein Wert von $\lambda = 1,067$ abgeleitet, für die Kurven 42 und 43 ergaben sich Lambdawerte von $\lambda = 0,998$ bzw. $\lambda = 0,951$. Diese Resultate zeigen, daß sich bei geeigneter Mittelwertbildung über eine genügende Anzahl von Arbeitsspielen aus der Steigung vor dem ersten Ionenstrommaximum 20 bzw. 30 einer Ionenstromkurve der Lambdawert mit ausreichender Genauigkeit ermitteln läßt.

Anhand der Fig. 5, 6 und 7 ist ersichtlich, wie aus Ionenstromsignalen ein Abgasanteil (Restgasgehalt) bestimmt werden kann. Dazu ist in den Fig. 5, 6 und 7 jeweils für unterschiedlichen Restgasgehalt das Verhältnis von zweitem Ionenstrommaximum 21, 31 zu erstem Ionenstrommaximum 20, 30 für zahlreiche aufeinanderfolgende Arbeitsspiele und verschiedene Lambdawerte aufgetragen. Bei einem Restgasgehalt von 0% wurde, wie in Fig. 5 dargestellt, die Kurve 51 bei $\lambda = 1,067$, die Kurve 52 bei $\lambda = 0,998$ und die Kurve 53 bei $\lambda = 0,951$ erhalten, wobei die Lambdawerte wie oben zu Fig. 4 erläutert bestimmt wurden. Es zeigt sich, daß im Rahmen des Signal-Rauschverhältnisses der Quotient aus zweitem Ionenstrommaximum und erstem Ionenstrommaximum vom Lambdawert des Luft-Kraftstoff-Gemisches weitestgehend unabhängig ist. Weiter läßt sich aus Fig. 5 erkennen, daß bei einem Restgasgehalt von 0% die Kurven 51, 52 und 53 weitestgehend oberhalb einer Schwellwertlinie 54 verlaufen, die dem Verhältniswert 0,5 entspricht.

In Fig. 6 ist das Verhältnis von zweitem Ionenstrommaximum und erstem Ionenstrommaximum bei einem Restgasgehalt von 5% über zahlreiche Arbeitsspiele aufgetragen. Der Kurve 61 liegt dabei ein Lambdawert von $\lambda = 0,934$, der Kurve 62 ein Lambdawert von $\lambda = 1,008$ und der Kurve 63 ein Lambdawert von $\lambda = 1,067$ zugrunde. Es ist erkennbar, daß sich im Rahmen des Signal-Rausch-Verhältnisses das

Verhältnis von zweitem Ionenstrommaximum und erstem Ionenstrommaximum wiederum als vom Lambdawert unabhängig erweist und daß bei einem Restgasgehalt von 5% die Kurven unterhalb einer Schwellwertlinie 64 mit dem Wert 0,5 verlaufen. Fig. 7 zeigt über viele Arbeitsspiele aufgetragen das Verhältnis von zweitem Ionenstrommaximum zu erstem Ionenstrommaximum bei einem Restgasgehalt von 10%. Hier liegt der Kurve 71 ein Lambdawert von $\lambda = 1,057$, der Kurve 72 ein Lambdawert von $\lambda = 0,998$ und der Kurve 73 ein Lambdawert von $\lambda = 0,955$ zugrunde. Wiederum ist ersichtlich, daß alle Kurven deutlich unterhalb einer Schwellwertlinie 74 mit dem Wert 0,5 verlaufen. Im Rahmen des Signal-Rausch-Verhältnisses liegt das Verhältnis des zweiten Ionenstrommaximums zum ersten Ionenstrommaximum bei einem Wert von etwa 0,1. Wie dieses Beispiel zeigt, kann somit durch Vorgabe eines Schwellwertes von z. B. 0,5 in einfacher Weise recht zuverlässig anhand der Ionenstromauswertung, speziell anhand des Verhältnisses der beiden Maxima, erkannt werden, ob der Restgasanteil größer oder kleiner als ein vorgegebbarer Wert, z. B. 5%, ist.

Aus den oben dargelegten Eigenschaften der Maxima des Ionensignalverlaufs ergibt sich folglich die Möglichkeit, die Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches hinsichtlich Lambdawert und Abgasanteil unmittelbar im Brennraum der Brennkraftmaschine zu bestimmen. Dazu wird Ionenstromsignalverlauf über ein jeweiliges Arbeitsspiel gemessen. Dieser gemessene Ionenstromsignalverlauf wird einer Auswertung unterzogen, bei der die Amplitude und die Lage des ersten Ionenstrommaximums und die Amplitude des zweiten Ionenstrommaximums erfaßt werden. Aus der gemittelten Amplitude und Lage des ersten Ionenstrommaximums wird dann die Steigung des ersten Ionenstrommaximums berechnet. Dieser berechneten Steigung wird dann z. B. durch Vergleich mit einer in einem Speicher abgelegten Kennlinie ein entsprechender Lambdawert zugeordnet. Weiter wird aus den gemittelten Amplituden von zweitem Ionenstrommaximum und erstem Ionenstrommaximum das Verhältnis gebildet. Aus diesem Verhältnis und dem wie oben bestimmten Lambdawert wird wiederum z. B. anhand einer entsprechenden, in einem Speicher abgelegten Kennlinie der Abgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch ermittelt.

Zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses kann je nach erforderlicher Genauigkeit eine Mittelwertbildung über drei, zehn oder mehr Arbeitsspiele erfolgen. Anstatt einen Mittelwert über ausgewertete Ionenstromsignalgrößen zu bestimmen, ist es auch möglich, zunächst eine Mittelung über eine Vielzahl von gemessenen Ionenstromsignalverläufen durchzuführen und dann aus einem mittleren Ionenstromsignalverlauf die Ionenstromsignalgrößen zu bestimmen, um aus ihnen ohne weitere Mittelung den Lambdawert und den Abgasanteil zu gewinnen. Alternativ dazu könne auch aus einzelnen, in aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen gemessenen Ionenstromkurven abgeleitete Lambdawerte und/oder Restgasanteile des Luft-Kraftstoff-Gemisches Mittelwerte gebildet werden, um aussagekräftige Werte zu erhalten.

Bei der Bestimmung des Restgasanteils aus dem Verhältnis der Amplituden von zweitem Ionenstrommaximum zu erstem Ionenstrommaximum ist es je nach Bedarf möglich, den Abgasanteil im Brennraum quantitativ zu bestimmen oder das ermittelte Maximaverhältnis lediglich als Entscheidungskriterium dahingehend heranzuziehen, ob der Restgasanteil einen bestimmten Wert über- oder unterschreitet. Beispielsweise kann so die Funktion eines Abgasrückführungssystems überprüft werden. Bei Vorhandensein einer Lambdasonde kann mit dieser die zur Bestimmung des Restgasan-

teils nötige Kenntnis des Lambdawertes erhalten werden, statt dazu wie oben angegeben die Steigung an der Flanke des ersten Ionenstrommaximums auszuwerten.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, bei dem
 - mittels einer im Brennraum angeordneten Ionenstromsonde ein Ionenstromsignalverlauf über ein jeweiliges Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine hinweg gemessen wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - aus einem Vergleich der Amplituden eines ersten lokalen Maximums (4) und eines zweiten lokalen Maximums (5) des Ionenstromsignalverlaufs (1) auf einen Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß auf den Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch aus dem Verhältnis der Amplituden (51–53, 61–63, 71–73) des zweiten lokalen Maximums (21, 31) und des ersten lokalen Maximums (20, 30) des Ionenstromsignalverlaufs geschlossen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Amplituden (51–53, 61–63, 71–73) des zweiten lokalen Maximums (21, 31) und des ersten lokalen Maximums (20, 30) des Ionenstromsignalverlaufs mit einem oder mehreren Schwellwerten (54, 64, 74) verglichen wird und daraus auf den Restgasanteil im Luft-Kraftstoff-Gemisch geschlossen wird.
4. Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, bei dem
 - mittels einer im Brennraum angeordneten Ionenstromsonde ein Ionenstromsignalverlauf über ein jeweiliges Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine hinweg gemessen wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - aus der Steigung des Ionenstromsignalverlaufs vor dem ersten lokalen Maximum (4) auf das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Luft-Kraftstoff-Gemisches geschlossen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß anhand des ermittelten Restgasanteils die Funktionsfähigkeit eines Abgasrückführsystems überprüft wird.

50

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

Fig. 1

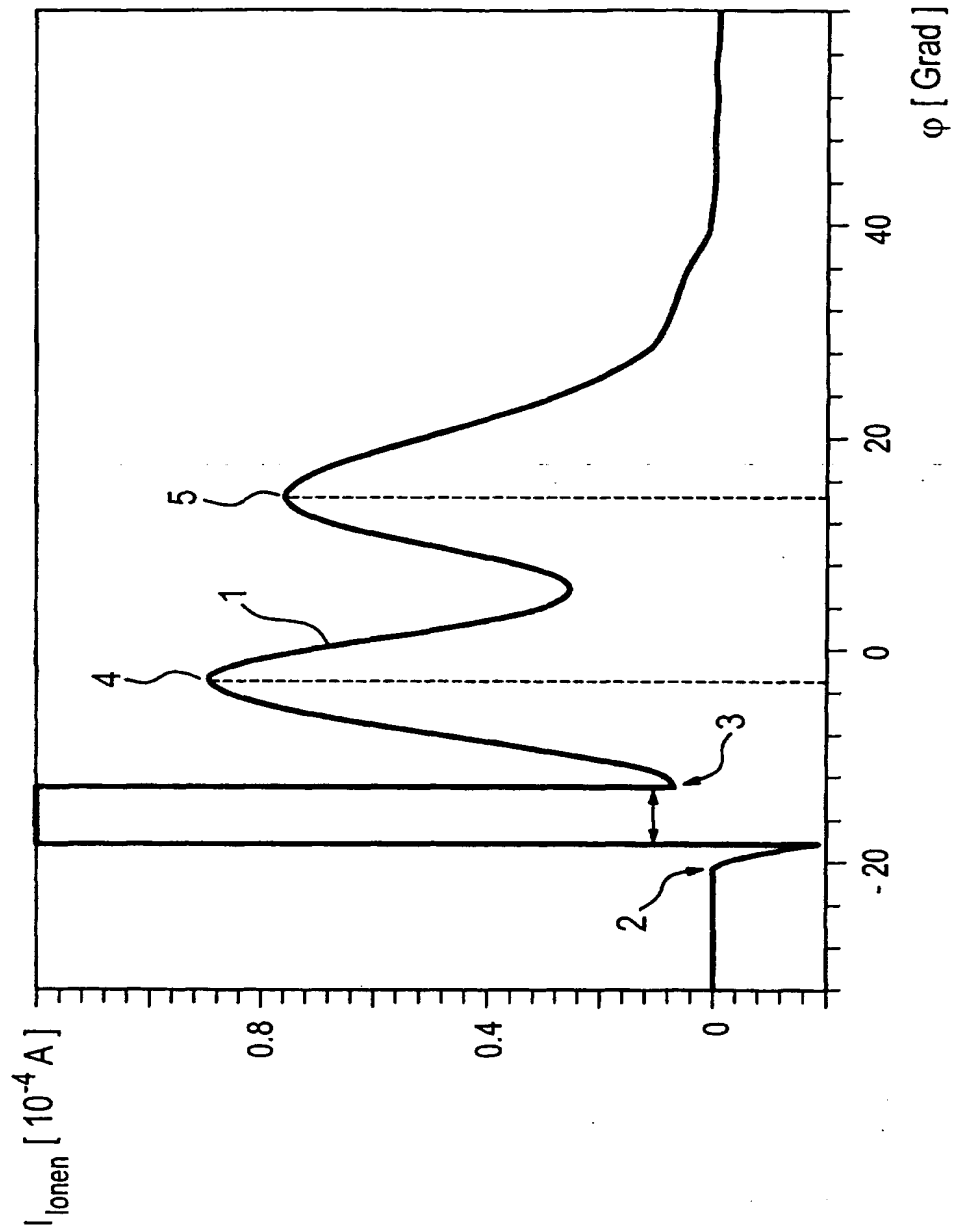


Fig. 2

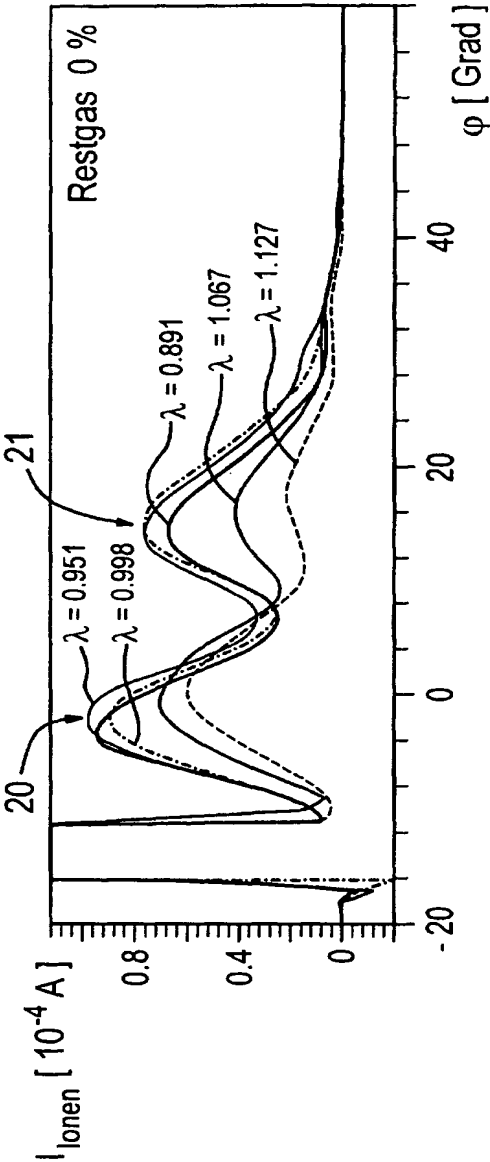


Fig. 3

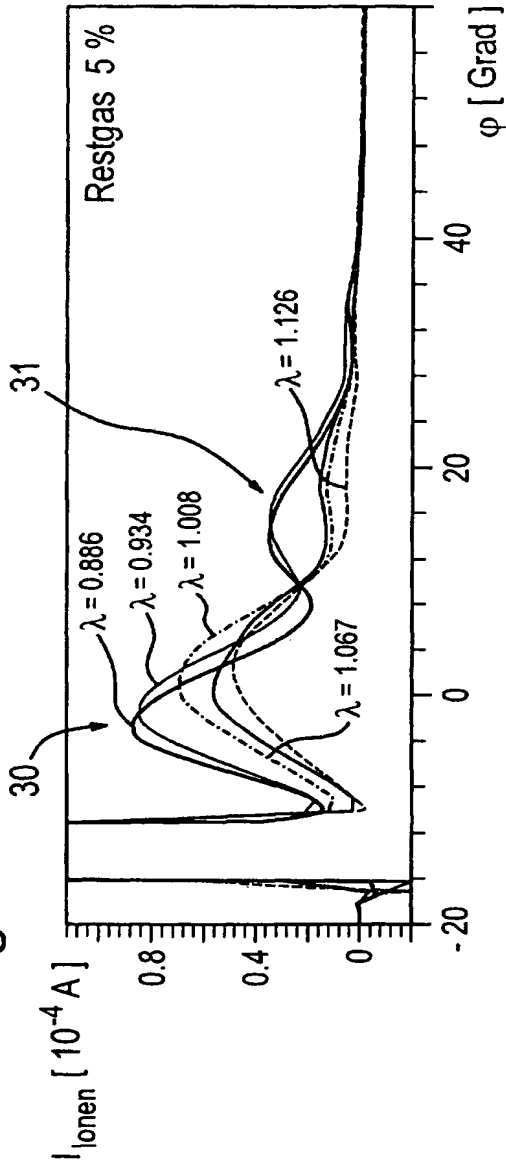


Fig. 4

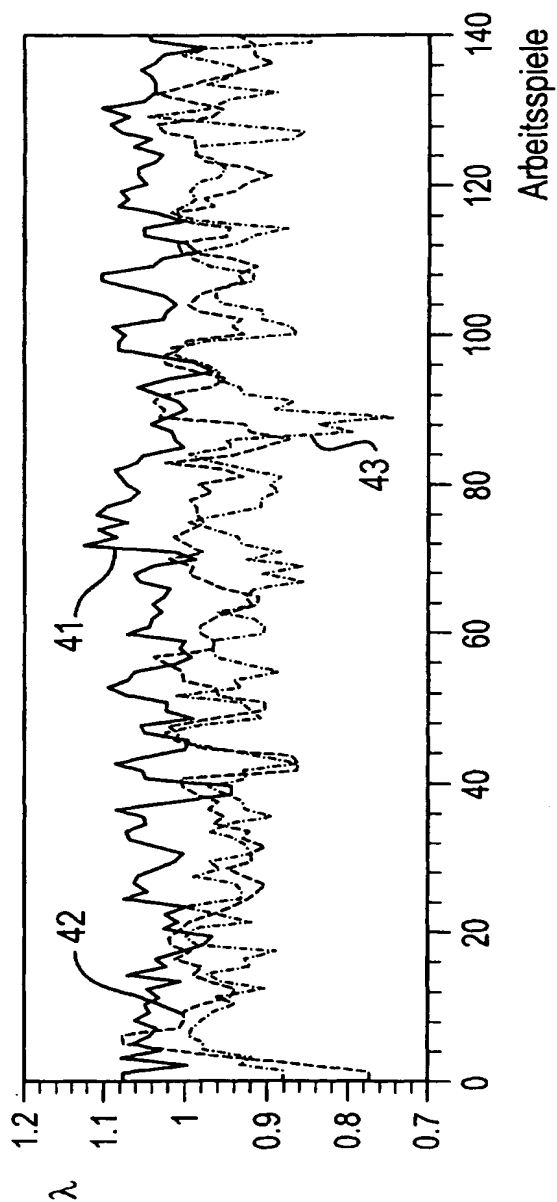


Fig. 5

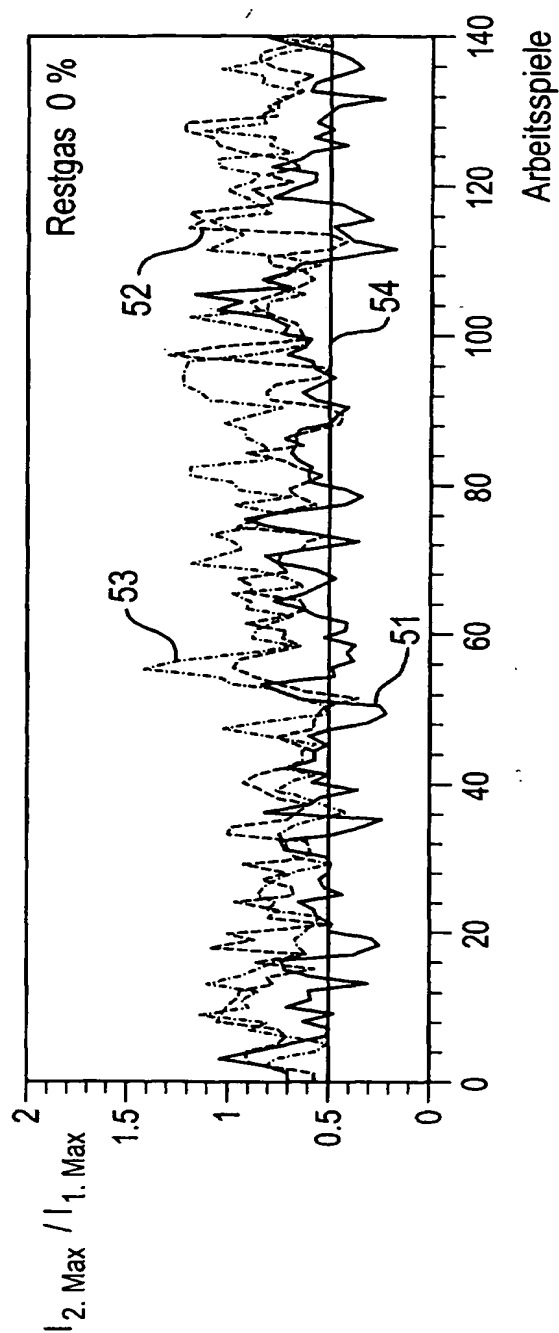


Fig. 6

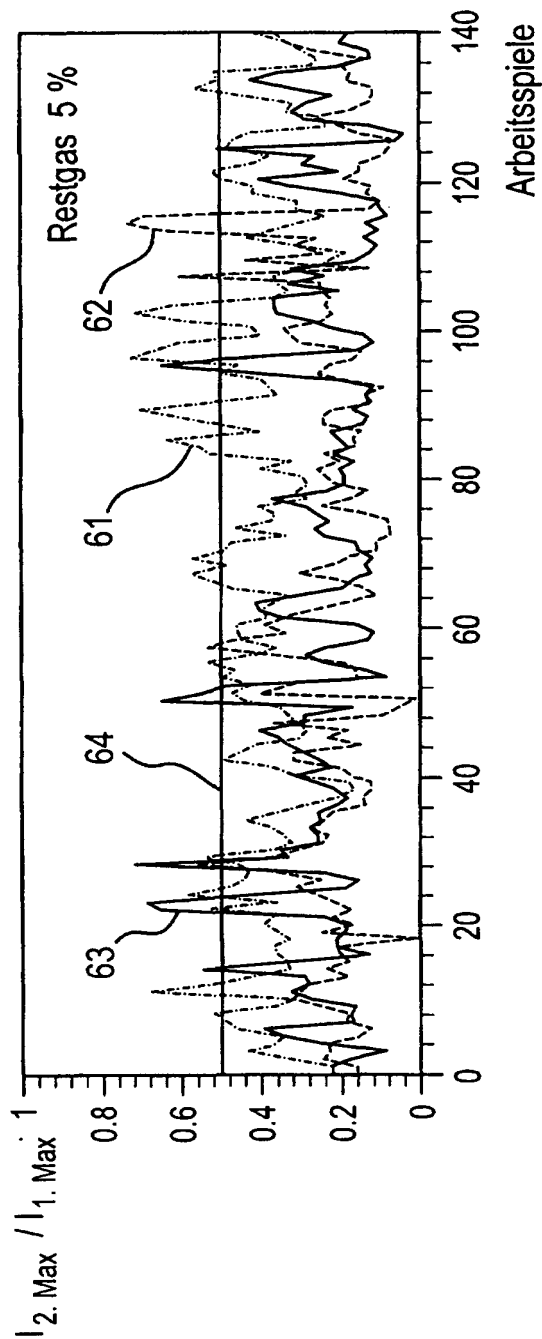


Fig. 7

